Aus der Medicinischen Poliklinik zu Tübingen (Prof. Dr. O. Müller).

Ueber die specifische Wirkung gashaltiger Bäder auf den Kreislauf.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde in der Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium

von

Prof. Dr. Ernst von Romberg,
o. ö. Professor der Medicin, Vorstand der med. Klinik zu Tübingen.

Der

Hohen Medicinischen Facultät der Universität in Tübingen

vorgelegt von

Gotthold Dinkelacker
aus Riedlingen a. d. Donau.

Mit 1 Tafel.

Berlin 1910.
Druck von L. Schumacher, N. 24.

Aus der Medicinischen Poliklinik zu Tübingen (Prof. Dr. O. Müller).

Ueber die specifische Wirkung gashaltiger Bäder auf den Kreislauf.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde in der Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium

von

Prof. Dr. Ernst von Romberg,
o. ö. Professor der Medicin, Vorstand der med. Klinik zu Tübingen.

ACAD. MED. BAD. BIBL.

Der

Hohen Medicinischen Facultät der Universität in Tübingen

vorgelegt von

Gotthold Dinkelacker
aus Riedlingen a. d. Donau.

Mit 1 Tafel.

Berlin 1910.
Druck von L. Schumacher, N. 24.

Gedruckt mit Genehmigung
der Medicinischen Facultät der Universität Tübingen.
Referent: Prof. Dr. von Romberg.
31. Juli 1910.

Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift f. exp. Pathologie u. Therapie. 8. Band.

Während man früher im Allgemeinen geneigt war, die Wirkung salz- und gashaltiger Bäder aus chemischen Momenten abzuleiten, hat sich in den letzten 10 Jahren das Bestreben geltend gemacht, physikalische Factoren zu ihrer Erklärung heranzuziehen. Als erster wies Romberg (1) schon im Jahre 1899 auf Grund der Arbeiten Hensen's (2) darauf hin, dass sowohl die kühle Temperatur, wie auch namentlich die sensible Reizung seitens der Kolensäurebläschen auf reflectorischem Wege die den Kohlensäurebädern charakteristischen Veränderungen des Blutdruckes und der Herzthätigkeit hervorzubringen vermöchten. Den ganz überwiegenden Antheil, den die absolute Temperatur des Bades an seiner jeweiligen Kreislaufwirkung hat, betonte dann im Jahre 1902 O. Müller (3). Seit dieser Zeit ist ziemlich allgemein anerkannt, dass Kohlensäurebäder um so stärker blutdrucksteigernd wirken, je kühler sie sind; und man hat demgemäss, wenn man von der Kreislaufwirkung solcher Bäder spricht, zu allererst danach zu fragen, welchen Temperaturgrad sie haben. Strasburger (4) hat im Jahre 1905 diese Anschauungen durch ausgedehnte Untersuchungen im wesentlichen bestätigt.

Im Jahre 1904 stellten dann Senator und Frankenhäuser (5) eine Theorie auf, wie man sich die specifische Wirkung gashaltiger Bäder von indifferenter Temperatur physikalisch erklären könne. Sie wiesen in fein durchdachten Ausführungen darauf hin, dass Gase einen tiefer liegenden Indifferenzpunkt haben wie Wasser. Jeder weiss, dass er im Wasser schon bei Temperaturen friert, die ihm in der Luft noch ganz behaglich sind. Der Indifferenzpunkt vom Wasser liegt ungefähr bei 34° C., der für Luft mittleren Feuchtigkeitsgehaltes bei 20—25° C.; für das Kohlensäuregas liegt der Indifferenzpunkt noch tiefer, da dessen Wärmecapacität etwas geringer, sein Wärmeleitungsvermögen beinahe um die Hälfte kleiner ist, als dasjenige der Luft. Bringt man nun einen Menschen in ein Bad, das seine Hautoberfläche theils mit Wasser, theils mit Gas bedeckt, so liegt er, wenn beide Medien gleiche Temperatur haben, in einer Umgebung, die ungleich hohe Indifferenzpunkte hat. Ist die Temperatur des Bades z. B. bei etwa 30° C. gelegen, so wirkt das Wasser, weil unter seinem Indifferenzpunkt temperirt, als Kaltreiz, das

Gas, weil über seinem Indifferenzpunkt temperirt, als Warmreiz auf den Körper ein. Senator und Frankenhäuser schlossen aus dieser Ueberlegung, dass in also temperirten Bädern eine thermische Contrastwirkung auftreten müsse und sie meinten, dass diese thermische Contrastwirkung das specifische Agens der gashaltigen Bäder sei.

So genau das physikalisch durchdacht zu sein scheint, so wird doch schon bei theoretischer Betrachtung ein Bedenken aus der Thatsache erwachsen müssen, dass der thermische Contrast hervorgebracht werden soll durch einen ganz ausserordentlich schlechten Wärmeleiter. Senator und Frankenhäuser gaben in ihrer Arbeit selber an, dass die relative Wärmeleitungsfähigkeit des Kohlensäuregases, bezogen auf Luft, 59 (wobei die Luft = 100 zu setzen ist), diejenige des Wassers dagegen 2822,8 beträgt. Da ja nun der thermische Effect eines auf die Haut gebrachten Fremdkörpers bei mittleren Temperaturen in erster Linie von dessen Wärmeleitungsvermögen abhängig ist, so wird man sich von dem ausserordentlich intensiv wärmeleitenden Wasser eine sehr energische, von der schlecht wärmeleitenden Kohlensäure eine ausserordentlich geringe Temperaturwirkung zu versprechen haben, mit anderen Worten, bei dem zu erwartenden thermischen Contrast im kühlen Kohlensäurebade dürfte die Wirkung des kühlen Wassers in physiologischer Beziehung die ganz überwiegende und entscheidende sein. Fasst man z. B. ein Gewehr, an dem sich Holz- und Eisentheile befinden, bei tiefer Temperatur an, so erhält man von dem gut leitenden Eisen einen intensiven Kaltreiz, von dem schlecht leitenden Holz erfährt man keine oder nur geringe Temperaturempfindung; das Holz wirkt vielmehr ähnlich wie die Kohlensäurebläschen bei den mittleren Temperaturen eher als thermischer Isolator denn als Reizfactor. Es wird sich weiter unten zeigen, dass das Experiment diese einfachen theoretischen Einwände gegen die Senator-Frankenhäuser'sche Theorie vollauf bestätigt.

Gerade über den Einfluss thermischer Reize auf die Blutcirculation sind wir durch die Untersuchungen von O. Müller (6) und seinen Mitarbeitern sehr eingehend unterrichtet. Es stehen uns ausserordentlich feine Methoden zur Verfügung, um auch die leisesten Wirkungen thermischer Factoren festzustellen. Mit dem Plethysmographen kann man am Arm sowohl wie am Bein jederzeit zeigen, dass schon sehr geringfügige Wärmeeinwirkungen, sobald sie nur in einiger Ausdehnung den Körper treffen, Gefässerweiterung in der Körperperipherie zur Folge haben, während ebenso geringfügige Kälteeinwirkungen Gefässcontractionen hervorrufen.

Legt man einen gesunden Menschen in ein Vollbad von indifferenter Temperatur und schliesst seinen Arm oder sein Bein in ein Plethysmographengefäss ein, das durch die Wannenwand hindurch seine Volumcurve an einem nebenstehenden Kymographion aufzeichnet, so verläuft diese Curve horizontal, so lange das Bad genau bei der für die betreffende Versuchsperson indifferenten Temperatur bleibt. Es muss dabei besonders hervorgehoben werden, dass diese Indifferenztemperatur nicht für jeden Menschen schematisch ganz genau die gleiche ist, vielmehr muss man sie jeweilig erst feststellen. Nur wenn die Plethysmographencurven

dauernd horizontal verlaufen und die Blutdruckwerthe sich demgemäss in keiner Weise ändern, ist das Bad für die betreffende Versuchsperson wirklich indifferent; auf diesen Punkt ist bisher viel zu wenig geachtet worden. Man hat sich nicht bemüht, den Indifferenzpunkt der einzelnen Versuchsperson zu suchen, sondern man hat ihn ihr meist aprioristisch zugewiesen, indem man von vornherein sagte: der Indifferenzpunkt liegt bei 34 oder 34,5 oder 35° C. Dieses dictatorische Vorgehen erweist sich bei genauerer Untersuchung als nicht gerechtfertigt. Schon Abweichungen von wenigen Zehntel Graden von dem für eine Versuchsperson wirklich indifferenten Bade bedingen, wie sich weiter unten zeigen wird, nicht unerhebliche thermische Reizeffecte.

Man hat auch fast durchweg übersehen, dass ein anfangs wirklich indifferent temperirtes Bad sich im Lauf von 20 Minuten meist um 0,5° C. abkühlt und demgemäss im weiteren Verlauf thermisch different wird. Kohlensäurebäder, die lebhaft moussiren, erfahren sogar in der Regel im Laufe der Zeit eine noch grössere Abkühlung als einfache Wasserbäder.

Als Beispiel wie ausserordentlich stark die Einwirkung schon sehr kleiner Temperaturdifferenzen auf den Kreislauf ist, möge das Bild No. 1 auf der Tafel dienen. Es zeigt in der zu Beginn oben stehenden Curve das Verhalten der Armgefässe, in der untenstehenden dasjenige der Darmgefässe einer gesunden Versuchsperson in einem für sie indifferent temperirten Wasserbade von 34° C. Wie man sieht, verlaufen die Curven sowohl der äusseren wie der inneren Stromgebiete als Ausdruck völliger Indifferenz der umgebenden Temperatur zunächst mit den üblichen Puls- und Athemschwankungen in horizontaler Richtung. Bei dem ersten auf der Curve verzeichneten Kreuz wird die Temperatur des Bades durch vorsichtiges Einleiten kühlen Wassers von 34 auf 33° C. erniedrigt. Es wird dabei im überlaufenden Vollbad gearbeitet, d. h. es läuft genau soviel Wasser ab wie zufliesst. Jede stärkere Bewegung des Wassers, welche einen mechanischen Effekt zeitigen könnte, wird vermieden und nur eine ganz milde Durchmischung des Wassers wird mit der Hand vorgenommen. Wie man sieht, beginnt mit dem Augenblick des ersten Zufliessens kühlen Wassers die Armvolumcurve zu sinken, es geschieht das schon zu einer Zeit, zu welcher das im Wasser untergetauchte Thermometer noch keine deutliche Beeinflussung erkennen lässt. Unsere mit dem Plethysmographen ausgerüstete Versuchsperson ist also ein empfindlicheres physiologisches Thermometer als das übliche physikalische Messinstrument. Nachdem die Temperatur auf 33° gesunken ist, zeigt die Armvolumcurve eine Gefässcontraction von 14 ccm, d. h. — 1,4 Volum-pCt. des eingeschlossenen Theiles des Vorderarmes an. Die Curve der inneren Gefässe, welche naturgemäss nur in gröberen Zügen die Richtungsänderung der Blutfüllung im Bauche angeben kann, ist zu dieser Zeit, wie die darunter aufgezeichnete Abscisse zeigt, deutlich angestiegen. Bei der Erniedrigung der Temperatur um nur 1° C. unterhalb des Indifferenzpunktes ist also bereits eine ausgiebige Umschaltung der Blutvertheilung eingetreten, die äusseren Stromgebiete haben sich beträchtlich contrahirt, die inneren sich dementsprechend compensatorisch erweitert.

Bei dem auf der Curve verzeichneten 2. Kreuz ist die Temperatur des Bades von 33 auf 32° C erniedrigt; in dem Augenblick, in welchem die Zuleitung kühlen Wassers beginnt, sinkt die Armvolumcurve sofort energisch weiter, die Darmvolumcurve steigt dementsprechend höher hinauf. Sobald die Temperatur von 32° C. erreicht ist, weist die Armvolumcurve ein Minus von 2,4 ccm = 2,4 Vol. proc. des eingeschlossenen Theiles des Vorderarmes auf. Bei dem dann folgenden 3. Kreuz wird die Badetemperatur auf 31° C. erniedrigt, die Armvolumcurve sinkt auf — 2,9 Vol. proc. = — 29 ccm, die Darmvolumcurve steigt nicht deutlich. Beim 4. Kreuz findet endlich eine Reduction der Temperatur auf 30° statt, die Armvolumcurve sinkt nur noch wenig, nämlich auf — 3,1 Vol. proc. = 31 ccm, die Darmvolumcurve ist aber inzwischen noch sehr deutlich gestiegen.

Bezüglich der Technik sei noch bemerkt, dass die Armvolumcurve mittelst der von O. Müller (7) angegebenen Anordnung der plethysmographischen Methode aufgenommen wurde. Der Plethysmograph hing an der inneren Wannenwand unterhalb des Wasserspiegels, so dass die Versuchsperson ihren Arm in bequemer Lage und unbeweglich hineinhalten konnte; durch ein entsprechend abgedichtetes Loch in der Wannenwand stand das Innere des mit Wasser von indifferenter Temperatur gefüllten Plethysmographen mit der aussen stehenden Schreibvorrichtung in Verbindung.

Die Innengefässe wurden mittelst der von E. Weber (8) angegebenen Methode der Darmplethysmographie registrirt, es wird dabei eine in ihrem oberen Theil mit einem Condom überzogene Darmsonde in das Rectum eingeführt. Während Weber den in den Darm eingeführten Gummihohlkörper mit Luft füllt und den nach aussen reichenden Theil des Darmrohres mit der für Luftübertragung geeigneten Schreibvorrichtung in Verbindung setzt, ziehen wir es vor, eine Wasserfüllung von indifferenter Temperatur und 200—250 ccm Grösse zu verwenden und dementsprechend einen für die Wasserbildung geeigneten Petroleumschreiber zur Registrirung zu gebrauchen. Das Darmrohr muss dabei selbstverständlich durch ein 2. Loch in der Wannenwand mit der aussen stehenden Schreibvorrichtung in Verbindung gebracht werden. Da wir gefunden haben, dass man bessere Curven vom Volumen des Bauchinhaltes bekommt, wenn man die Bauchdecken am Ausweichen hindert, so lassen wir unsere Versuchsperson ein gut sitzendes Corsett anziehen. Die Bauchhöhle ist dann nach unten durch die knöchernen Theile des Beckens, nach vorn, hinten und seitlich durch das feste Corsett annähernd starrwandig umgrenzt, nur das Zwerchfell bildet nach oben eine weiche Bedeckung. Dementsprechend finden wir auch die von uns registrirte Volumcurve der Bauchhöhle im Wesentlichen als Athmungscurve ausgesprochen. Werden die Schwankungen der Curve grösser, so sind die Athembewegungen ausgiebiger, werden sie kleiner, so ist das Umgekehrte der Fall. Eine durch die Mitte zwischen Fuss- und Gipfelpunkt der Athemschwankungen gelegte Linie entspricht dem ungefähren Inhalt der Bauchhöhle; diese Linie steigt im kalten Bade an und sie sinkt im wärmeren ab. Man ist demgemäss berechtigt, das Ansteigen der Curve als Ausdruck für eine ver-

mehrte, das Fallen als solche für eine verminderte Blutfüllung der Bauchhöhle anzusehen. Darmbewegungen stören die aus dem Rectum geschriebene Curven nur selten, gelegentlich sieht man bei empfindlichen Personen in Gestalt eines raschen hohen Ansteigens und ebenso schnellen Wiederabfallens der Curve den Ausdruck von Tenesmen, welche die Anwesenheit des Fremdkörpers im Rectum hervorruft; solche Curven, die durch häufig wiederkehrende turmartige Erhebungen gestört werden, sind natürlich nicht brauchbar.

Als Beispiel für die beträchtliche Einwirkung steigender Temperaturen auch schon geringen Grades und als Gegenstück zu Bild No. 1 diene das auf der Tafel befindliche Bild No. 2. Es zeigt in seinen 6 Abtheilungen in sehr deutlicher Weise die periphere Gefässerweiterung und die centrale Gefässcontraction, welche auftritt, sobald man die Temperatur des Bades auch nur wenig über den Indifferenzpunkt steigert. In Abtheilung 1 sieht man die Armgefässe (unten) und die Darmgefässe (oben) in horizontalen Curven sich verzeichnen, während die Versuchsperson (die gleiche, von der Bild 1 stammt) in dem für sie indifferenten Bade von 34° C. liegt. In Abtheilung 2 ist die Temperatur des Bades auf 35° C. gesteigert worden, die Armgefässe haben sich sehr deutlich ausgedehnt, die Darmgefässe sich etwas zusammengezogen. Die Ausdehnung der Armgefässe begann in dem Augenblick, in welchem zuerst warmes Wasser zufloss, grade wie in dem andern Bilde ihre Contraction eintrat, sobald die Temperatur etwas unter den Indifferenzpunkt sank. Die Uebergänge zwischen den einzelnen Temperaturstufen konnten aber, weil sie bei der Warmreaction im Allgemeinen langsamer eintreten, als bei der Kaltreaction hier nicht mit zur Darstellung gebracht werden, da sonst die Curvenbilder für die Reproduction zu ausgedehnt geworden wären. Bei Abtheilung 3 ist die Temperatur des Bades auf 36° C. gestiegen, die Armgefässe haben sich weiter ausgedehnt, die Darmgefässe stärker contrahirt; die gleichen Verhältnisse finden sich in steigender Weise bei den Abtheilungen 4, 5 und 6, welche Temperaturen von 37, 38 und 39° C. entsprechen. Am Schluss hat das Armvolumen um 19 ccm = + 1,9 Vol. proc. zugenommen, die Pulse sind sehr viel deutlicher als sie im indifferent temperirten Bade waren. Auch in diesem Bezug ist das Bild No. 2 ein genaues Gegenstück zum Bild No. 1, welches gegen Ende unter der Kalteinwirkung sehr viel kleinere und undeutlichere Pulse zeigt wie das andere.

Entsprechend der peripheren Gefässcontraction bei Eintritt kühlerer Temperatur, wie sie Bild No. 1 zeigt, steigt selbstverständlich der Blutdruck, gemäss der peripheren Gefässerweiterung, wie sie Bild No. 2 wiedergiebt, sinkt er. Naturgemäss ist der Eintritt der Blutdruckveränderung nicht so rasch und elegant nachweisbar wie derjenige der plethysmographisch registrirten Gefässkaliberschwankungen. Die unblutige Methodik der Blutdruckmessung ist demgemäss selbst bei Verwendung empfindlichster Apparate zu genaueren Studien über den Indifferenzpunkt nicht so geeignet wie der ausserordentlich empfindliche Plethysmograph. Bezüglich detaillirter Angaben über die Blutdruckveränderung bei den einzelnen oben aufgeführten Temperaturstufen sei auf die gleichzeitig

aus der Tübinger Poliklinik erscheinende Arbeit Kommerell's (9) verwiesen!

Nachdem mithin gezeigt ist, dass wir in der plethysmographischen Methodik über eine Möglichkeit verfügen, einmal den thermischen Indifferenzpunkt für jede Versuchsperson subjectiv genau zu bestimmen und jede kleinste Abweichung von demselben sofort zu erkennen, kann man dazu übergehen, auf diese Weise die specifische Wirkung gashaltiger Bäder von indifferenter Temperatur zu untersuchen. Selbverständlich muss dabei bedacht werden, dass mittelst der gewöhnlichen plethysmographischen Methodik nur der reflectorisch bedingte Theil der Einwirkung dieser Bäder dargestellt werden kann. Das Plethysmographengefäss kann nicht mit dem gashaltigen Wasser gefüllt werden, da die entweichende Kohlensäure die Volumencurve in unberechenbarer Weise entstellen würde. Nun wirken aber gerade die Kohlensäurebäder ganz offenbar nicht ausschliesslich auf reflectorischem, sondern z. Th. auf directem Wege. Die Hautröthung, die sie in sehr charakteristischer Weise hervorbringen, schneidet stets sehr scharf mit dem Wasserspiegel ab und überträgt sich nicht auf die ausserhalb des Bades befindlichen Theile. Sie fehlt demgemäss auch in dem vom einfachen Wasser indifferenter Temperatur angefüllten Plethysmographengefäss. Dieser Umstand ist unserer Aufmerksamkeit niemals entgangen, auch Strasburger (10) hat neuerdings darauf hingewiesen.

Man kann nun diesen Fehler der plethysmographischen Methode sehr leicht und einfach in folgender Weise umgehen: Man lässt den zu untersuchenden Arm im Bade untergetaucht auf 2 schmalen Stützen in bequemer Weise ruhen, dann legt man einen schmalen, flachen Gummischlauch um die grösste Circumferenz des Unterarmes oder auch Oberarmes. Der Schlauch ist an seinem einen Ende verschlossen, durch das andere offene Ende steht er mit einer ausserhalb des Bades befindlichen feinen Schreibvorrichtung, einen sogen. Schlayer'schen (11) Schwimmer, in Verbindung. Er liegt dem Arm fest, doch ohne einen Druck auszuüben, an und ist in dieser Stellung unverrückbar befestigt. Man kann ihn genau so construiren wie eine Blutdruckmanschette, nur muss er natürlich unendlich viel schmäler ausgeführt werden, damit er nur verschwindend kleine Theile des Armes bedeckt. Füllt man diesen Schlauch mit Wasser von indifferenter Temperatur, so verzeichnet der Petroleumschwimmer kleine Puls- und Athemschwankungen, die in einem indifferent temperirten Bade in horizontaler Richtung verlaufen. Man bekommt auf diese Weise statt der Volumcurven eine Umfangscurve der Extremität, die, wie wir in zahlreichen Versuchen sicher gestellt haben, genau gleichsinnige, wenn auch kleinere Schwankungen angiebt wie der Plethysmograph selbst.

Bei Verwendung dieser einfachen Methode vermeidet man den Einwand, dass der untersuchte Arm nicht im Bade selbst gelegen und also bei Verwendung von Kohlensäurebädern auch nicht geröthet ist. Der Arm ist thatsächlich von Gasblasen dicht bedeckt und geradeso geröthet, wie der übrige Theil des Körpers auch. Nun könnte man ja schliesslich noch einwenden, dass der äusserst schmale (3 cm) Streifen der Haut, welcher

von besagtem Schlauch ringförmig bedeckt wird, den Kohlensäurebläschen entzogen sei; wir haben deshalb unsere Versuche der Umfangmessung noch mit einem fadendünnen Bandmaass controllirt. Es hat sich dabei ergeben, dass die Umfangsdifferenzen, welcher unser neuartiger Schwimmer anzeigt, sich vollauf bestätigen, wenn man das Fadenmaass auf die geröthete Hant selbst auflegt.

Was ergiebt sich nun als Resultat dieser Armumfangsmessungen im Kohlensäurebad indifferenter Temperatur? Wie Bild No. 3 zeigt, verläuft die Armumfangscurve bei der im Bad von 34° C. liegenden Versuchsperson mit kleinen Puls- und Athemschwankungen zunächst in horizontaler Richtung. Sobald man entsprechend dem ersten Kreuz etwas warmes Wasser zubringt, erweitern sich die Gefässe der Peripherie, der Arm wird stärker, die Curve steigt. Lässt man ensprechend dem zweiten Kreuz kaltes Wasser zufliessen, so ziehen sich die peripheren Gefässe zusammen, der Arm wird dünner und die Curve sinkt. Damit ist zunächst der Beweis erbracht, dass die Registrirvorrichtung schon auf mässige Gefässcaliberschwankungen in richtiger Weise anspricht. Es ist aber weiter auch erwiesen, dass eine Temperatur von 34° C. für diese Versuchsperson thermisch wirklich indifferent ist. Nachdem nunmehr die Badetemperatur wieder genau auf 34° C. eingestellt und die Armumfangscurve einige Zeit wieder horizontal verlaufen ist, wird aus $1^1/_2$ kg Natrium bicarbonicum und der entsprechenden Salzsäuremenge Kohlensäure im Bade entwickelt, wobei sorgfältig darauf geachtet wird, dass die Temperatur des Bades sich stets genau bei 34° C. hält. Die Kohlensäureentwicklung setzt entsprechend dem ersten Kreuz des Bildes No. 4 ein. Bald darauf ziehen sich die Gefässe ganz allmählich leicht zusammen, die Curve beginnt langsam aber stetig zu sinken. Dieses Sinken setzt sich dann während der ganzen Dauer des Bades fort, so dass nach 20 Minuten der in Abtheilung 2 des Bildes durch das zweite Kreuz bezeichnete Stand der Curve erreicht wird. Wir haben im Ganzen 10 derartige Versuche bei 8 verschiedenen Versuchspersonen gemacht und übereinstimmende Resultate erhalten. Kommerell konnte in seiner oben erwähnten Arbeit ganz die gleichen Erscheinungen (abgesehen von der Hautröthung) beim Sauerstoffbade indifferenter Temperatur beobachten. Lässt man die Bäder als indifferent temperirte einfache Wasserbäder fortdauern, so verläuft die Armumfangscurve horizontal oder steigt auch gelegentlich etwas.

Es ergiebt sich also die interessante Thatsache, dass trotz der eintretenden Hautröthung der Umfang des Armes abnimmt. Bei kühlen Kohlensäurebädern, die ebenfalls eine Hautröthung verursachen, ist das in noch viel höherem Grade der Fall. Es handelt sich dabei um eine reflectorisch bedingte Contraction der Arterien, während die Capillaren durch directe Reizung seitens der Kohlensäurebläschen erweitert werden. Nun ist aber die für die Bestimmung des Widerstandes im Gefässsystem wesentliche und ausschlaggebende Veränderung allemal die der Arterien. Levy (12) hat gezeigt, dass auf das Capillarsystem nur etwa ein Zwölftel des gesammten Druckgefälles zwischen dem Ostium arteriosum und dem Ostium venosum entfällt. Wenn also, wie in diesem Falle,

beide Gefässgebiete sich entgegengesetzt verhalten, das eine sich erweiternd, das andere sich contrahirend, so wird in sehr weiten Grenzen das Verhalten der Arterien das ausschlagebende sein und den Widerstand für das Herz festlegen. Es ist also auch bei den indifferent temperirten Kohlensäurebädern so, wie O. Müller (13) für die kühlen Badeformen dieser Art angenommen hat: trotz der Capillarröthung contrahiren sich die Arterien und der Widerstand für das Herz steigt. Auch die indifferent temperirten Kohlensäurebäder stellen noch eine Uebung des Herzens dar und erst die warmen mit Arterienerweiterung einhergehenden gashaltigen Applicationen setzen den Widerstand herab und schonen.

Die plethysmographisch nachgewiesene Thatsache der Gefässcontraction (wenn auch leichtesten Grades) im indifferent temperirten Kohlensäurebad steht denn auch im Einklang mit den Befunden Kommerell's, dass der Blutdruck (und zwar sowohl Maximaldruck, wie Mitteldruck, wie Amplitude) während solcher Bäder mässig ansteigt. Diese Beobachtung Kommerell's bestätigt früher bereits bekannte Thatsachen. So schreiben z. B. Senator und Schnütgen (14): „Von den letzteren (Kohlensäurebädern) nimmt man als erwiesen an, dass sie bei gesunden Menschen im Bade mit indifferenter Temperatur in den meisten Fällen den sogen. mittleren Blutdruck und das Product aus Amplitude und Pulsfrequenz im Bade und einige Zeit nachher erhöhen."

Um aber die Zunahme des Gefässtonus im indifferent temperirten Kohlensäurebad ganz ausser Zweifel zu stellen und mit den allerverschiedensten Methoden ein für allemal zu beweisen, haben wir auch noch eine Anzahl von Pulscurven von der Radialis und Carotis mit dem Frank'schen (15) optisch registrirenden Sphygmographen aufgenommen. Bekanntlich zeichnet der Frank'sche Sphygmograph eine ausserordentlich naturgetreue und denkbar wenig entstellte Druckcurve auf. Wenn wir nun auch nicht in den Fehler verfallen wollen, aus Pulscurven allein weittragende Schlüsse zu ziehen, so möchten wir andererseits nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, dass man mit diesem sehr vollkommenen Apparat Aufschlüsse erhält, die wohl geeignet sind, die Resultate, die man mit anderen Methoden erhalten hat zu controlliren und zu bestätigen. Wir haben die Versuche so ausgeführt, dass die Versuchspersonen mit dem an Radialis und Carotis angesetzten Sphygmographenhebel im Bade von etwa 34° C. sassen. Der Aufnahmeapparat der Radialis war im Wasser untergetaucht, der der Carotis ausserhalb des Wassers. Beide schrieben ihre Pulse übereinander am photographischen Film auf. Dabei beginnt der Radialpuls selbstverständlich etwas später anzusteigen als der Carotispuls. Bekanntlich hat man die Aenderung dieser sogen. Pulsverspätung im Sinne einer Verkürzung oder Verlängerung der Strecke zwischen den Fusspunkten der beiden Curven ebenfalls für die Beurtheilung des Tonus der Arterie verwandt. Bezüglich der näheren Technik und Literatur verweise ich auf Lommel (16), der die Methode zum Studium der Tonusveränderungen bei Kalt- und Warmreizen verwendet hat. Eine Tonuszunahme lässt die Pulsverspätung kleiner werden, eine Tonusabnahme vergrössert sie; in dem gut tonisirten Gefäss gelangt die Pulswelle rascher peripherwärts, in dem schlecht tonisirten, schlaffen kommt sie später an.

Bei 10 Versuchen, die wir an 5 verschiedenen Versuchspersonen mit dem Frank'schen Verfahren machten, zeigte sich nun Folgendes: Liess man das einfache Wasserbad indifferenter Temperatur andauern, so wurde die Pulscurve der Radialis allmählich einfacher, glatter, die Reflexionswellen nahmen ab, gleichzeitig wurde die Pulsverspätung zwischen Radialis und Carotis grösser und der Blutdruck sank etwas wenig. Kaum wurde in der üblichen Weise Kohlensäure entwickelt (natürlich unter genauer Gleichhaltung der Temperatur), so wurde die Pulscurve der Radialis sehr deutlich complicirter, es traten zahlreiche Reflexionswellen auf, die Pulsverspätung zwischen Carotis und Radialis nahm ab und der Blutdruck (Maximal-, Mitteldruck und Amplitude) stieg leicht an. Setzte man dann wieder warmes Wasser zu, so dass aus dem indifferent temperirten über den Indifferenzpunkt erwärmtes Kohlensäurebad wurde, so kehrten sich alle Erscheinungen um, das Pulsband der Radialis wurde wieder glatter, die Pulsverspätung nahm zu und der Blutdruck fiel.

In übereinstimmender Weise ergiebt sich also aus den Methoden der gewöhnlichen Plethysmographie, der Armumfangmessung, der Blutdruckmessung, der Pulscurvenschreibung und der Bestimmung der Pulsverspätung zwischen Carotis und Radialis, dass der Gefässtonus im indifferent temperirten Kohlensäurebad zunimmt, dass der Widerstand für das Herz steigt. Die Thatsache einer Contraction der Arterien bei Erweiterung der Capillaren im zugehörigen Gebiet mag paradox erscheinen, steht aber durchaus nicht isolirt da. Wenn man einen Menschen so lange kalt badet, bis die Haut roth wird, bis die sogen. Reaction eintritt, so erhält man den gleichen Zustand. Bei dieser Reaction auf Kaltreize sind die Arterien ebenfalls noch contrahirt und zwar viel stärker als im Kohlensäurebad, der Blutdruck ist gesteigert und trotzdem sammelt sich in den erweiterten Capillaren Blut an, so dass eine Hautröthung hervortritt. Arteriensystem und Capillarsystem brauchen eben auch in den gleichen Körperprovinzen durchaus nicht immer gleichsinnig zu reagiren.

Diese unsere Befunde stehen im Gegensatz zu den Anschauungen Strasburger's, der meint, dass Kohlensäurebäder von indifferenter Temperatur den Gefässtonus herabsetzen und den Widerstand vermindern. Er schreibt letzthin: „Blutdruckmessungen, die ich im indifferent temperirten Kohlensäurebad vornahm, ergaben in der Regel eine deutliche Senkung des Blutdruckes, während im einfachen Wasserbad von dieser Temperatur, wie ja die Bezeichnung indifferent besagt, die Blutdruckcurve zumeist horizontal verläuft.“ Wir möchten betonen, dass man einmal den Indifferenzpunkt bei jedem Menschen erst sehr sorgfältig suchen muss (am besten auf plethysmographischem Wege), ehe man bei den geringen Unterschieden, die hier in Betracht kommen, eine Blutdruckveränderung der Kohlensäurewirkung oder der Temperatur zur Last legt. Und wir möchten weiter darauf aufmerksam machen, dass man häufig bei Versuchspersonen, die mit der ganzen Technik noch nicht vertraut sind, im Laufe der Versuche Blutdrucksenkungen bekommt, ganz gleichgiltig, was man mit ihnen vornimmt. Wir haben das z. B. bei den von Vagt und Eychmüller (17 u. 18) an der Tübinger Poliklinik ausgeführten Injectionen von Strophantin und Digalen gesehen. Ehe die Versuchspersonen

wussten, wie alles zugeht und abläuft, hatten sie erklärlicher Weise gegenüber dem ganzen grossen Instrumentarium unlustbetonte Empfindungen, die gefässcontrahirend und blutdrucksteigernd wirken können. Im Laufe des Versuches lösten sich diese Empfindungen allmählich und der Druck sank öfter trotz Strophantin oder Digalen ab. Aehnliches haben wir bei den Kohlensäurebädern gesehen, wenn die Versuchspersonen noch nicht mit der Sache vertraut waren oder sich nicht lange genug vorher (womöglich in der Wanne sitzend) ausgeruht hatten. Sobald man diese Fehlerquellen ausschaltet, bekommt man ausnahmslos die oben angegebenen Resultate.

Wir müssen mithin nach unseren auf äusserst zahlreiche Versuche und die verschiedensten Untersuchungsmethoden gestützten Befunden daran festhalten, dass nicht nur im kühlen, sondern auch im indifferent temperirten Kohlensäure- oder andersartigen Gasbade durch leichte Contraction der Arterien, durch Tonuszunahme der Widerstand steigt, dass es sich da schon um eine Uebung für das Herz handelt. Erst über den Indifferenzpunkt temperirte Gasbäder schonen und entlasten den Kreislauf.

Wie stimmt nun die Thatsache der Gefässcontractionen und der Blutdrucksteigerung im indifferent temperirten Kohlensäurebad mit der Senator-Frankenhäuser'schen Theorie überein? Nach dieser Theorie soll ein innerhalb bestimmter Temperaturbreite gelegenes gashaltiges Bad durch thermische Contrasterscheinungen wärmer einwirken als seiner Wassertemperatur entspricht. In der That bekommt man auch in einem Wasserbad von indifferenter oder etwas kühlerer Temperatur eine deutliche Wärmeempfindung, wenn man Kohlensäure darin entwickelt; darüber kann nicht der leiseste Zweifel herrschen. Trotz dieser subjectiven Wärmeempfindung zeigen aber die Gefässe keineswegs ein Verhalten wie bei jeder anderen auch noch so geringfügigen Wärmeeinwirkung. Das Gleiche gilt vom Blutdruck, im Gegentheil sowohl Gefässkaliber wie Blutdruck, wie Frank'sche Pulscurven und Pulsverspätungsmessungen zeigen ein Verhalten, wie wir es bei Kälteeinwirkungen oder bei sensibler Reizung zu sehen gewohnt sind.

Der thermische Contrast, der dem subjectiven Empfinden bemerkbar wird, hat also auf das objective Verhalten des Gefässsystems thatsächlich keinen Einfluss. Hier müssen andere stärkere Reizmomente am Werke sein, welche diesen nach dem subjectiven Empfinden zu erwartenden Einfluss in sein Gegentheil umdrehen. Diese Momente sind wohl ohne Zweifel in der sensiblen Reizung der Hautoberfläche durch den Belag der Gasbläschen zu suchen. Jeder, der zahlreiche Thierversuche mit Oncometrie und Blutdruckschreibung gemacht hat, kennt den mächtigen Einfluss schon geringfügiger sensibler Reize auf Gefässkaliber und Blutdruck. Man braucht einem Versuchsthier nur über das Fell zu streichen, man braucht es nur leicht anzublasen, um sofort eine deutliche Gefässcontraction und Blutdrucksteigerung zu erhalten. Beim Menschen sahen wir in Wechselstrombädern von indifferenter Temperatur, welche ja sicher mit keinerlei thermischen Contrastwirkungen einhergehen wie Geissler (19) in sehr eleganter Weise gezeigt hat, genau dieselben Gefässcontractionen und Blutdrucksteigerungen auftreten, wie in Kohlen-

säurebädern. Dabei lässt sich direct zeigen, dass die Gefässcontraction um so stärker ausfällt, je stärker der Wechselstrom (d. h. das sensible Reizmoment) eingeschaltet wird. Auch für die Sauerstoffbäder hat Kommorell Aehnliches nachgewiesen. Er zeigte, dass die weniger moussirenden und damit auch geringeren sensiblen Reiz ausübenden Sauerstoffbäder bei indifferenter Temperatur nur leichtere Gefässcontraction und leichtere Blutdrucksteigerung machen, als die stärker moussirenden Kohlensäurebäder, die einen kräftigeren sensiblen Reiz ausüben. Bei Kohlensäurebädern indifferenter Temperatur wirkt also in jedem Falle nicht der thermische Contrast, der Gefässerweiterung und Blutdrucksenkung bringen müsste, sondern die sensible Reizung, die Gefässcontraction und Blutdrucksteigerung zeitigt.

Wie steht es nun mit der thermischen Contrastwirkung bei different temperirten Bädern? Senator und Frankenhäuser schreiben: Wenn man also ein kohlensäurehaltiges Bad von 28° C. besteigt, so erhält man zunächst von dem Wasser, das unter seinem Indifferenzpunkt temperirt ist, einen Kältereiz. Die Stellen, welche sich dann mit Kohlensäurebläschen bedecken und durch diese vom Wasser getrennt werden, erhalten von dem über seinen Indifferenzpunkt temperirten Bade einen Wärmereiz. Im Kohlensäurebad findet also nicht nur ein häufiger Wechsel zwischen Kältereizen und Wärmereizen statt, sondern es bestehen auch Kältereize und Wärmereize gleichzeitig dicht nebeneinander an zahllosen Stellen der Haut. Es kommt daher zu ganz ausgeprägten thermischen Contrastwirkungen, wie sie keinen anderen balneo-therapeutischen und hydrotherapeutischen Mitteln für sich allein eigen sind und welche dementsprechend auch eine kräftige und eigenartige Reaction herbeiführen müssen."

Stellt sich nun diese kräftige und eigenartige Reaction, welche kühle Kohlensäurebäder von Wasserbädern gleicher Temperatur unterscheidet, am Kreislauf in objectiv nachweisbarer Weise wirklich ein oder ist sie mehr eine aprioristische Combination? Eine Hautröthung tritt in kühlen Kohlensäurebädern allerdings ein, die in gleich temperirten Wasserbädern fehlt; ob diese Hautröthung aber durch den thermischen Contrast und nicht durch die Reizung auf mechanischem oder chemischem Wege hervorgebracht wird, muss fraglich erscheinen. In Sauerstoffbädern, welche doch auch einen thermischen Contrast bringen, aber in Folge geringeren Moussirens eine bedeutend schwächere sensible Reizung bedingen, fehlt die Hautröthung nach den übereinstimmenden Angaben aller Untersucher. In sehr langdauernden kühlen Wasserbädern tritt in Form der sogenannten Reaction ebenfalls eine Hautröthung auf, ohne dass ein thermischer Contrast vorhanden wäre.

Sei dem nun, wie ihm sei. Die Hautröthung, d. h. die Capillarerweiterung stellt für den Widerstand im Gefässsystem nur ein ausserordentlich geringes Moment dar. Die Hauptsache bei der Bestimmung des für die therapeutische Beeinflussung des Herzens so ausserordentlich wichtigen Widerstandes ist das Verhalten des Arteriensystems, namentlich der mittleren und kleineren Arterien. Hier hat nun O. Müller im Jahre 1908 gezeigt, dass im Kohlensäurebad von 28° C. eine fast

genau so starke Contraction der peripheren Gefässe auftritt wie im gleich temperirten Wasserbade und dass die inneren Stromgebiete sich gegenüber dieser starken peripheren Gefässcontraction erweitern. Er ist dadurch zu der Ueberzeugung gekommen, dass in Bädern von 28° C. (d. h. also von ziemlich differenter Temperatur) der rein thermische Einfluss auf das Gefässsystem ein so gewaltiger ist, dass bezüglich der Gefässweite von einer spezifischen Wirkung des Gasbades wohl kaum noch gesprochen werden kann. Er hat auch die Probe auf dieses Exempel gemacht. Nachdem das kühle Kohlensäurebad 20 Minuten bestanden hatte und nachdem die periphere Gefässcontraction, die Blutdrucksteigerung und die centrale compensatorische Gefässdilatation 20 Minuten lang in gleicher Stärke angehalten hatten, liess er warmes Wasser zu dem kühlen Kohlensäurebad hinzutreten. Sobald die absolute Temperatur des Bades sich wieder hob, liess die periphere Gefässcontraction, die Blutdrucksteigerung und die centrale Gefässdilatation nach, um in dem Augenblick in ihr Gegentheil umzuschlagen, in welchem die Wassertemperatur des Bades den Indifferenzpunkt nach oben hin überschritt.

Diese Thatsachen sprechen ebensowenig für eine ausgeprägte thermische Contrastwirkung der Kohlensäurebäder wie das Resultat eingehender Blutdruckmessungen. In der Stroth (20) sowohl wie Kommerell (9) haben in der Tübinger Poliklinik gezeigt, dass Kohlensäurebäder unterhalb des Indifferenzpunktes (33, 32, 31, 30 u. s. w. Grad C.) eine ebenso starke, ja in der Regel sogar stärkere Steigerung des Mitteldrucks und der Amplitude hervorrufen, wie die gleich temperirten Wasserbäder. Das wäre doch auch unmöglich, wenn neben den Kaltreizen ein physiologisch irgendwie in Betracht kommender Warmreiz mit im Spiele wäre.

Wir haben nun neuerdings auch nach dieser Richtung hin Versuche angestellt und möchten auf deren Grund Folgendes sagen: Misst man die Circumferenz des in einem Kohlensäurebade von indifferenter Temperatur ruhenden Armes einer Versuchsperson oder plethysmographirt man diesen Vorderarm in der gewöhnlichen Weise, so tritt, wie oben ausgeführt, eine Gefässcontraction und Blutdrucksteigerung mässigen Grades auf, so bald man Kohlensäure im Bad entwickelt; das geschieht nach unserer Meinung im Wesentlichen durch die sensible Reizung seitens der Kohlensäurebläschen. Lässt man nun zu dem indifferent temperirten Kohlensäurebad auch nur etwas kühles Wasser hinzutreten, so wird aus der leichten Gefässcontraction und Blutdrucksteigerung sofort eine sehr energische Reaction. Im Bild No. 5 verlaufen die oben verzeichneten Armgefässe im indifferenten Kohlensäurebad in ganz leicht sinkender, die Darmgefässe in einer annähernd horizontalen Richtung. Kaum lässt man bei dem 1. Kreuz auch nur wenig kaltes Wasser zulaufen, so zeigt sich ein ebenso starkes Sinken der peripheren Gefässcurven und ein gleichzeitiges Steigen der centralen wie im einfachen Wasserbad, das durch Bild No. 1 illustrirt wurde. Im einfachen Wasserbad sank die Armvolumcurve um 14 ccm d. h. 1,4 Vol. proc., wenn die Temperatur von 34 auf 33° C. erniedrigt wurde. Im Kohlensäurebad sinkt sie bei der gleichen Temperaturverminderung um genau den gleichen Betrag. Geht man in der Temperaturcurve weiter herunter, so sank die Armvolumcurve bei der

an Stelle des 2. Kreuzes vorgenommenen Temperaturverminderung auf 32° C im Kohlensäurebad um 21 ccm, d. h. um 2,1 Vol. proc., im gleichtemperirten Wasserbad um 24 ccm, d. h. um 2,4 Vol. proc. Bei der durch das 3. Kreuz markirten weiteren Temperaturverminderung auf 31° C. sank die Armvolumcurve im Kohlensäurebad um 26 ccm, d. h. 2,6 Vol. proc. gegenüber einem Werth von 29 ccm, d. h. 2,9 Vol. proc. im gleichtemperirten Wasserbad. Wurde dann endlich an der durch das 4. Kreuz markirten Stelle die Temperatur des Kohlensäurebades auf 30° C. erniedrigt, so betrug die endliche Gefässcontraction im Kohlensäurebade 30 ccm = 3,0 Vol. proc. gegenüber 31 ccm = 3,1 Vol. proc. im gleichtemperirten Wasserbade. Man sieht also, dass die bei zunehmender Abkühlung steigende Gefässcontraction bei der gleichen Versuchsperson von Stufe zu Stufe im Kohlensäurebad fast genau die gleiche ist wie im entsprechend temperirten Wasserbad. Die Unterschiede, die sich in den Decimalstellen der Vol. proc. ergeben, dürften wohl praktisch nicht ins Gewicht fallen. Was bei diesen Curven für die Praxis herausspringt, ist die nicht wegzuleugnende Thatsache, dass kühle Kohlensäurebäder den Widerstand im Gefässsystem genau so steigern wie kühle Wasserbäder von entsprechender Temperatur. Solche Bäder stellen eben, wie gegenüber irrthümlichen Auffassungen anderer Art immer wieder scharf betont werden muss, eine reine Uebung für das Herz, aber niemals eine Schonung oder eine Combination von Uebung und Schonung dar. Die gut beobachtenden Nauheimer Aerzte, wie z. B. Grödel I u. a. wissen das ja auch längst aus der Praxis und hüten sich wohl, irgend wie difficilere Herzkranke in kühl temperirte Kohlensäurebäder zu setzen, was nach der Schonungstheorie ja doch berechtigt und nützlich sein müsste.

Machen wir nun die Probe auf unsere Ansicht, dass im Kohlensäurebade differenter Temperatur gerade so wie in jedem anderen die absolute Temperatur, also der rein thermische Factor für das Gefässsystem die ganz ausschlaggebende Rolle spielt. Wir haben oben im Bild No. 2 gezeigt, dass im einfachen Wasserbade die Armvolumcurve gradatim zunimmt, wenn man die Temperatur successiv auf 35, 36, 37, 38 und 39° C. steigert und dass die Darmvolumcurve dementsprechend gradatim sinkt. Bild No. 6 zeigt uns, dass das im Kohlensäurebad durchaus nicht anders ist. In Abtheilung 1 von Bild No. 6 verläuft die Armvolumcurve unten, die Darmvolumcurve oben in horizontaler Richtung im Wasserbad von 34° C., in Abtheilung 2 ist inzwischen in diesem indifferenten Bad Kohlensäure entwickelt worden, dementsprechend kommt es zu der oben beschriebenen leichten peripheren Gefässcontraction; in Abtheilung 3 ist das Kohlensäurebad von 34 auf 35° erwärmt worden, dementsprechend ist die Armvolumcurve gestiegen, die Darmvolumcurve beträchtlich gesunken; genau das gleiche Verhalten zeigt sich in den Abtheilungen 4, 5, 6 u. 7, in denen die Temperaturen auf 36, 37, 38 und 39° C. gesteigert sind. In der Schlussabtheilung hat die Temperatur leider durch einen technischen Fehler zu rasch zugenommen, so dass man gegen Ende eine etwas zu rasch steigende Curve erhält. Während man im erwärmten Wasserbade bei einer Temperatursteigerung auf 39° C.

eine Volumenzunahme der Armgefässe um 19 ccm = 1,9 Vol proc. erhielt, zeigt sich im leicht temperirten Kohlensäurebad zu Anfang der Schlussabtheilung eine ganz gleiche Veränderung von 18—19 ccm = 1,8—1,9 Vol. proc., am Ende der Schlussabtheilung ist in Folge des oben erwähnten zu raschen Ansteigens der Badetemperatur der Effect ein etwas grösserer nämlich + 22 ccm = 2,2 Vol. proc. Es hat sich also gezeigt, dass bei different temperirten Kohlensäurebädern nicht der thermische Contrast, sondern vielmehr die absolute Temperatur des Bades das Bestimmende für das Verhalten des Gefässsystems ist. Bei Bädern oberhalb des Indifferenzpunktes war dieses Verhalten nach der Senator-Frankenhäuser'schen Theorie zu erwarten; bei solchen unterhalb der adäquaten Temperatur hätte man nach dieser Theorie sowohl bezüglich der Gefässweite wie auch des Blutdruckes Anderes erwarten müssen. Bezüglich der Einwirkung der Kohlensäurebäder auf das Gefässsystem hält mithin die Senator-Frankenhäuser'sche Theorie, die bisher doch mehr auf aprioristischen Grundlagen aufgebaut war, einer empirischen Nachprüfung nicht stand. Bei Bädern indifferenter Temperatur überwiegt das Moment der sensiblen Reizung in seinem Einfluss auf das Gefässsystem die subjective Empfindung eines thermischen Contrastes, bei Bädern unterhalb des Indifferenzpunktes überwiegt der alles überragende Einfluss der absoluten Temperatur gleichfalls die kältemildernde Wirkung der Kohlensäure wie ja nach den oben erwähnten theoretischen Ueberlegungen zu erwarten war. Die Kohlensäure ist mit einem relativen Wärmeleitungscoefficienten von 59 gegenüber 2822,8 im Vergleich zum Wasser ein viel zu schlechter Wärmeleiter, um ihrerseits einen energischen Wärmereiz auszuüben, der dem mächtigen Kaltreiz des Wassers auch nur ungefähr die Waage halten könnte. Alles, was sie vermag ist eine gewisse thermische Isolirung und diese übt sie ja auch thatsächlich aus. Man weiss seit Langem, dass man in kühlen Kohlensäurebädern, trotzdem dieselben ebenso gefässcontrahirend und ebenso blutdrucksteigernd wirken, wie entsprechend temperirte Wasserbäder, nicht so starke subjective Frostempfindung hat. Auch hat Kommerell (9) in der Tübinger Poliklinik gezeigt, dass man in hochtemperirten (37 und 38° C.) Kohlensäurebädern wegen der thermischen Isolirung nicht so stark schwitzt, wie in gleich warmen Wasserbädern. Unsere empirische Erfahrung führt uns also zu dem gleichen Resultat wie die theoretische Ueberlegung: Nicht einen thermischen Reizfactor, nicht eine irgendwie nennenswerth in Betracht fallende thermische Contrastwirkung bringen die Kohlensäureblasen hervor, sondern eine sehr zweckdienliche thermische Isolation gegenüber different temperatur.

Nun wird man einwenden mögen: Ganz recht, für das Verhalten des Arteriensystems mag bei indifferenter Temperatur die sensible Reizung, bei differenter Temperatur der reine thermische Factor (absolute Tem-

peratur) das Ausschlaggebende sein. Wie steht es nun aber mit der reflectorisch bedingten Anregung der Herzthätigkeit, welche ja doch wie die ärztliche Erfahrung und zahlreiche Versuche gelehrt haben, im Kohlensäurebad (auch solchen differenter Temperatur) in ganz anderer und damit specifischer Weise hervortritt wie im einfachen Wasserbad gleicher Temperatur? Livschütz (21) hat doch bei O. Müller in gleicher Weise wie O. Müller und Veiel gezeigt, dass das Verhalten des Tachogramms im indifferenten wie kühlen Kohlensäurebad auf eine dieser Badeform specifisch eigene Steigerung des Schlagvolumens schliessen lässt? Ist nun diese Steigerung des Schlagvolumens durch den thermischen Contrast bedingt, der am Gefässsystem keine deutliche Veränderungen zeitigt? Darauf wäre zu antworten: Auch bei Bädern wesentlich oberhalb des Indifferenzpunktes, bei denen nach Senator und Frankenhäuser der thermische Contrast nicht mehr in Erscheinung treten soll, ist das Schlagvolumen im Kohlensäurebad grösser als im einfachen Wasserbad, es muss also wohl noch ein anderes Moment hier wirksam sein und dieses Moment ist ganz entschieden die sensible Reizung. Im Wechselstrombad, in dem von thermischem Constrast keine Rede sein kann, wird, wie Veiel (22) gezeigt hat, das Schlagvolumen des Herzens in ganz ähnlicher Weise beeinflusst wie im Kohlensäurebad. Auch das Sauerstoffbad wirkt, wie Komerell nachweisen konnte, ähnlich, wenn auch entsprechend seiner geringeren sensiblen Reizung schwächer. Nun sind wir ja auch durch ausgezeichnete Arbeiten aus dem v. Basch'schen Laboratorium, unter denen ich diejenigen von Kaucher (23), Hegglin (24) und von Grossmann (25) nennen möchte, hinreichend darüber orientirt, dass sensible Reizung der Haut die Herzarbeit zu steigern pflegt. Wir haben also in der sensiblen Reizung eine durchaus befriedigende Erklärung sowohl für die Gefäss- wie für die Herzwirkung von gashaltigen wie auch Wechselstrombädern. Auf diese Erklärungsmöglichkeit hat ja auch Romberg (1) an der Hand der Arbeiten Hensen's (2) schon im Jahre 1899 in der ersten Auflage seines Lehrbuches hingewiesen. Und neuerdings hat Sarason (26) bei der Begründung der Wirkungsweise von Sauerstoffbädern direct von einer Gasbürste gesprochen. In der That kann man auch den Gasbädern und den hydroelektrischen Bädern ähnliche Kreislaufsänderungen hervorrufen, wenn man den im einfachen Wasserbade untergetauchten Körper andauernd an verschiedenen Stellen mit einer Bürste streicht. Bezüglich des reflectorischen Theiles der Bäderwirkung (und dieser ist für die Kreislaufmechanik der wichtigste) möchten wir demnach die sensible Reizung als das Hauptmoment in den Vordergrund stellen, durch das sie von gleichtemperirten Wasserbädern unterschieden werden. Bezüglich der directen Reizung durch die Gasblasen nehmen allerdings die Kohlensäurebäder offensichtlich eine Sonderstellung ein. Die ihnen charakteristische Hautröthung ist weder den hydroelektrischen noch den Sauerstoffbädern eigen, auch dann nicht, wenn man durch Entwicklung mehrerer Packungen der Sauerstoffgeneratoren die Gefässcontraction und die Blutdrucksteigerung ebenso stark macht, wie bei Kohlensäurebädern. Es scheint mithin durchaus nicht ausgeschlossen, dass hier ein directes chemisches Reizmoment vorliegt. Man wird um-

somehr an diese Möglichkeit zu denken haben, als durch Winternitz (27) ja sehr wahrscheinlich gemacht ist, dass die Kohlensäure die Haut zu durchdringen vermag. Freilich darf auch hier nicht ausser Acht gelassen werden, dass die bei sehr langen kalten Wasserbädern in Gestalt der sogen. Reaction eintretende Hautröthung durch rein physikalische und nicht durch chemische Momente bedingt ist, dass also eine physikalische Erklärung auch hier nicht ausserhalb des Bereiches der Möglichkeit liegt. Starke mechanische Hautreizung, wie die durch eine Bürste erzielt werden kann, macht ja sehr leicht Hautröthung.

Zum Schluss noch die Aufklärung eines formalen Missverständnisses zwischen Senator und O. Müller: In der Stroth (20) hatte in seiner oben erwähnten Arbeit aus der Tübinger Poliklinik geschrieben, dass die von O. Müller im Jahre 1902 festgestellte Thatsache der ausschlaggebenden Wichtigkeit der absoluten Temperatur für die Wirkung von Kohlensäurebädern später gelegentlich unrichtig mit dem Namen der Senator-Frankenhäuser'schen Theorie bezeichnet worden sei. Senator schreibt nun neuerdings (14), es sei ihm „unerfindlich", wie man die Thatsache der Einwirkung differenter Temperaturen bei Kohlensäurebädern mit seiner Theorie der thermischen Contrastwirkung bei indifferenten Gasbädern verwechseln könne. O. Müller müsse doch um die In der Stroth'sche Arbeit gewusst haben. Darauf ist zu erwidern, dass selbstverständlich alle Arbeiten aus der Tübinger Poliklinik bis ins Detail von deren Leiter controlirt und redigirt sind. Aber gerade weil dem so ist, hat In der Stroth diese Bemerkung gemacht. Es ist uns in Tübingen nämlich ebenso „unerfindlich", wie Senator, dass eine solche Verwechselung aufkommen konnte; de facto ist sie aber geschehen, wenn auch nicht in Tübingen, wie Senator meint, sondern von anderer Seite. So schreibt z. B. Laqueur (28): „So grosse Wichtigkeit daher auch die Senator-Frankenhäuser'sche Theorie besitzt, welche die Wirkung der Kohlensäurebäder nur auf einen Contrast der kühlen Wassertemperatur und der als warm empfundenen Gasbläschentemperatur zurückführt, so sehr auch diese Theorie durch Untersuchungen von O. Müller und Strasburger bestätigt wird, die zeigten, dass die Intensität der Wirkung der Kohlensäurebäder mit der Abkühlung der Temperatur wächst u. s. w.," Nun, erstens hat weder O. Müller noch — soviel ich sehe — Strasburger je die Senator-Frankenhäuser'sche Theorie zu bestätigen beabsichtigt, und zweitens wäre das auch nicht gut möglich gewesen, da Müller's diesbezügliche Arbeit 2 Jahre vor der von Senator-Frankenhäuser erschienen ist. Aehnliche Missverständnisse, wie das Laqueur's sind schon früher, namentlich auch mündlich, vorgekommen, und darum hat In der Stroth seinen Passus geschrieben, den wir hiermit nochmals unterstreichen.

Zusammenfassend lässt sich über die Resultate meiner Untersuchungen Folgendes sagen:

1. Kohlensäurebäder von indifferenter Temperatur bewirken in Folge der sensiblen Reizung der Haut, ebenso wie andere Gasbäder und wie Wechselstrombäder, auf reflectorischem Wege eine leichte Contraction

der peripheren Arterien und dementsprechend auch eine geringfügige Blutdrucksteigerung. Die eintretende Hautröthung ist eine directe locale Reizwirkung der Kohlensäurebläschen auf die Capillaren, wie man sie auch bei anderen directen Reizen (mechanischen z. B. Reiben, Kratzen, chemischen z. B. Rubefacientien) beobachtet; ob sie durch einen physikalischen oder chemischen Reiz hervorgerufen wird, bleibt unentschieden.

Für den Widerstand, welchen das Herz im Gefässsystem findet, kommt es bekanntlich zu ganz überwiegendem Theil auf das Verhalten der Arterien an, der Capillarwiderstand wird nur auf $^1/_{12}$ des gesammten Widerstandes im Gefässsystem geschätzt. Demgemäss stellt auch schon das indifferent temperirte Kohlensäurebad trotz der eintretenden Hautröthung eine wenn auch nur leichte Mehrforderung für das Herz dar; es ist also eine Uebung und keine Schonung des Herzens.

2. Kohlensäurebäder von differenter Temperatur werden in ihrer Kreislaufwirkung vollständig von der absoluten Temperatur des Bades bestimmt; liegt diese unterhalb des Indifferenzpunktes, so contrahiren sich, wie unsere Bilder zeigen, die peripheren Arterien von Grad zu Grad stärker und zwar um fast genau die gleiche Zahl bei Anwenduug von Kohlensäure- wie von einfachen Wasserbädern. Die inneren Gefässe erweitern sich unter der eintretenden Blutdrucksteigerung compensatorisch ebenfalls gradatim mit sinkender Temperatur. Das Kohlensäurebad stellt mithin umso stärkere Mehrforderungen an das Herz, es übt dieses umso energischer, je kühler seine Temperatur ist. Ueberschreitet die Temperatur den Indifferenzpunkt nach oben, so tritt genau das Umgekehrte sein; von Grad zu Grad steigend erweitern sich die peripheren Gefässe mehr und mehr, unter der eintretenden Blutdrucksenkung contrahiren sich gradatim die inneren Stromgebiete. Erst bei höherer Temperatur (38, 39° und mehr) wird in Folge der enormen Steigerung der Herzthätigkeit durch die Hitze aus der Blutdrucksenkung allmählich wieder eine Steigerung. Kohlensäurebäder dicht oberhalb des Indifferenzpunktes setzen also die Ansprüche, die der Kreislauf an das Herz stellt, herab, sie schonen das Herz in gewissem Sinne.

3. Eine Anregung der Herzthätigkeit zum Auswurf vermehrter Schlagvolumina lässt sich im Kohlensäurebad bei allen nicht zu excessiven Temperaturen nachweisen. Im indifferent temperirten Kohlensäurebad wird das Schlagvolumen bei annähernd gleich bleibender Schlagfrequenz im mässig abgekühlten bei verminderter, im mässig erwärmten bei vermehrter Schlagfrequenz, gesteigert; dabei ist noch zu bemerken, dass Bäder oberhalb des Indifferenzpunktes schon durch ihre Temperatur allein steigernde Wirkung auf das Schlagvolumen ausüben, während sich das bei Bädern unterhalb des Indifferenzpunktes umgekehrt verhält. Die bei Indifferenztemperatur besonders deutlich hervortretende Steigerung des Schlagvolumens in Folge des Kohlensäurereizes wird demgemäss oberhalb des Indifferenzpunktes durch Addition mit der gleichsinnigen Wirkung des Wärmereizes noch vermehrt, unterhalb des Indifferenzpunktes aber durch Subtraktion der entgegengesetzten Wirkung des

Kaltreizes etwas vermindert werden, bis sie bei ganz tiefen Temperaturen schliesslich vollends paralysirt wird.

4. Eine empirische Grundlage für die Senator-Frankenhäuser'sche Theorie hat sich aus meinen Versuchen nicht ergeben, entsprechend dem ausserordentlich geringen Wärmeleitungsvermögen der Gase sind dieselben, wie jedem aus der praktischen Erfahrung bekannt ist, nur dann im Stande, einen wirklich deutlichen Temperaturreiz auszuüben, wenn sie sehr weitgehend different temperirt sind oder stark bewegt werden. Bei den relativ geringen Abständen der Temperatur der im Bade verwendeten Gase von ihrem Indifferenzpunkt kommt es, wie das Experiment gezeigt hat, weniger zu einer thermischen Reizwirkung contrastirender Art als vielmehr zu einer thermischen Isolation. Sowohl sehr kühle wie sehr warme Temperaturen werden in Folge des Gasmantels der Bäder leichter ertragen als bei Verwendung einfachen Wassers. Das physiologisch wirksame Moment bleibt aber immer die absolute Temperatur des fast 40 fach besser wärmeleitenden und darum kräftiger reizenden Wassers.

5. Unsere Untersuchungen beziehen sich ausschliesslich auf gesunde Menschen, nur an solchen lässt sich die normale und allgemein giltige Wirkung der Bäder feststellen. Sowohl Nervöse wie Kreislaufkranke können gelegentlich anderen Herz- und Gefässwirkungen durch die Bäder ausgesetzt sein. Im Allgemeinen werden freilich die leicht Kranken, die man ja überhaupt nur mit solchen Bädern behandelt, ähnlich reagiren wie die Gesunden.

Literatur.

1. Romberg, Lehrbuch der Krankheiten des Herzens und der Blutgefässe in Ebstein-Schwalbe's Handbuch. 1899.
2. Hensen, Deutsche med. Wochenschr. 1899.
3. O. Müller, Deutsches Archiv f. klin. Med. 1902. Bd. 74.
4. Strasburger, Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 82. 1905.
5. Senator und Frankenhäuser, Therapie der Gegenwart. 1904.
6. O. Müller, Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 82. 1905.
7. O. Müller, Archiv f. Anatomie u. Physiologie, physiolog. Abtheilung. 1904.
8. E. Weber, Archiv f. Anatomie u. Physiologie, physiolog. Abtheilung. 1907.
9. Kommerell, Zeitschr. f. Balneologie, Klimatologie u. Kurorthygiene. 1910.
10. Strasburger, Einführung in die Hydrotherapie u. Thermotherapie. Jena 1909.
11. Schlayer, Zentralbl. f. Physiologie. Bd. 20.
12. Levy, Zeitschr. f. klin. Med. 1897. S. 321. — Archiv f. d. gesammte Physiologie. 1897. S. 447.
13. O. Müller, zusammen mit Veiel, Berichte der Naturforscherversammlung. Cöln 1908.
14. Senator und Schnütgen, Deutsche med. Wochenschr. 1909.
15. Frank, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 28, 49 u. 50.
16. Lommel, Deutsches Archiv f. klin. Med. 1903. Bd. 78.
17. Vagt, Med. Klinik. 1909.
18. Eychmüller, Berliner klin. Wochenschr. 1909.

19. Geissler, Münchener med. Wochenschr. 1908. No. 2.
20. In der Stroth, Therapeutische Monatshefte. 1909.
21. Liwschütz, Zeitschr. f. experiment. Pathologie u. Therapie. 1907.
22. Veiel, Münchner med. Wochenschr. 1909.
23. Kauchers, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 21. 1892.
24. Hegglin, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 26. 1894.
25. Grossmann, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 32. S. 219 u. 501.
26. Sarason, Deutsche med. Wochenschr. 1904.
27. Winternitz, Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 72.
28. Laqueur, Zeitschr. f. experiment. Pathologie u. Therapie. 1909.

Lebenslauf.

Ich, Gotthold Dinkelacker, geboren den 26. Mai 1883 in Riedlingen a. d. Donau, durchlief die Evang. Seminarien Maulbronn und Blaubeeren und bestand Herbst 1902 am Gymnasium Esslingen das Abiturienten-Examen.

Herbst 1902 bezog ich als Student der Medicin die Universität Tübingen, 3 Semester brachte ich auf der Universität Berlin zu, wo ich Herbst 1905 die ärztliche Vorprüfung ablegte. Meiner Militärpflicht genügte ich im 2. Semester.

Nach Ablauf der klinischen Semester, die ich in München und Tübingen zubrachte, bestand ich Frühjahr 1909 das Staatsexamen.

Seit 1. August 1909 bin ich als Medicinalpraktikant an der Tübinger Medicinischen Universitäts-Poliklinik thätig.

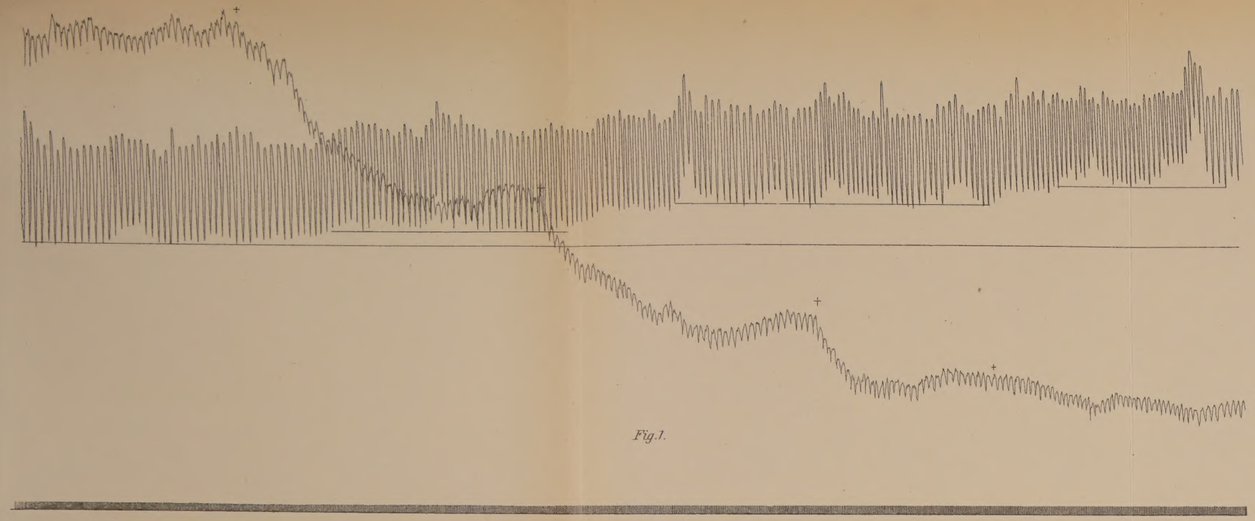

Fig.1.

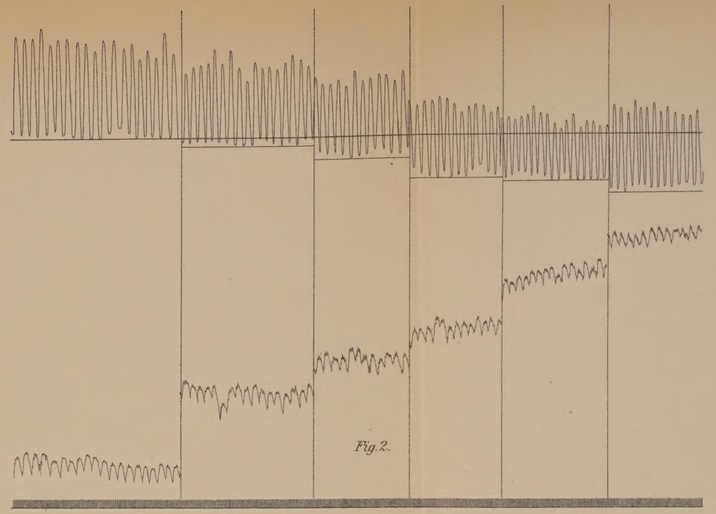

Fig.2.

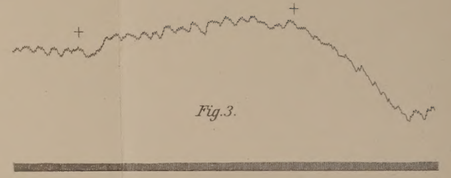

Fig.3.

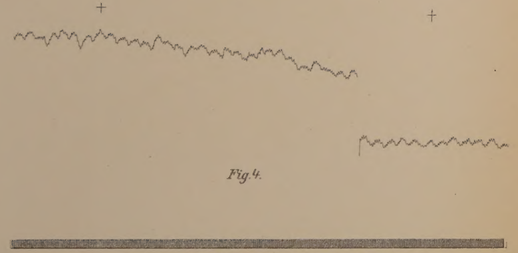

Fig.4.

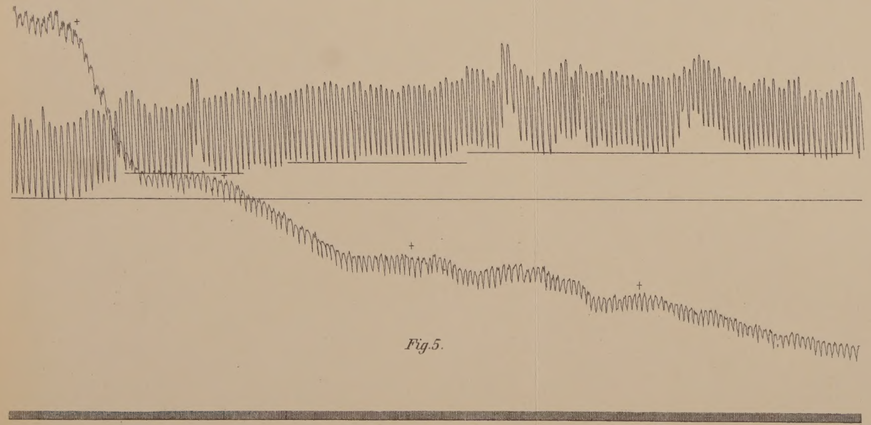

Fig.5.

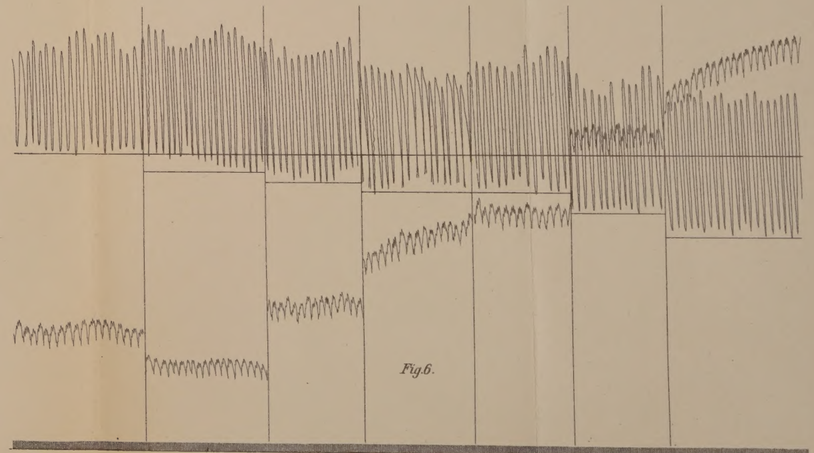

Fig.6.

E.Lane, Lith. Inst. Berlin.S